



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 08 576 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 F 1/40

②1 Aktenzeichen: 196 08 576.4-13  
②2 Anmeldetag: 6. 3. 96  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 19. 6. 97

DE 196 08 576 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

⑦2 Erfinder:

Heuberger, Axel, Dipl.Ing., 73760 Ostfildern, DE;  
Voit, Michael, Dipl.-Ing., 71287 Weissach, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	41 16 943 C1
DE	39 41 701 C1
DE	35 16 453 C2
DE	41 19 594 A1

⑤4 Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf einen flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit einem Kühlmittelraum, der von Außenwänden, einem Zylinderkopfboden und einer mit Abstand über diesem angeordneten Kühlmittelraumdecke begrenzt wird und sich in Kühlmittelraumabschnitte gliedert, die jeweils einem Brennraum zugeordnet sind, wobei in jedem Kühlmittelraumabschnitt Gaswechselkanäle verlaufen und mindestens eine Kammer für eine Zündkerze und/oder eine Einspritzdüse angeordnet ist.

Um einen flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine so auszubilden, daß eine verbesserte Kühlung des Zylinderkopfes und gleichzeitig eine vereinfachte und damit kostengünstigere Herstellung gewährleistet ist, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die einen hydraulischen Durchmesser beeinflussenden geometrischen Parameter des Kühlmittelraumes derart ausgelegt sind, daß ein turbulenter Strömungszustand des Kühlmittels im wesentlichen im gesamten Kühlmittelraum erreichbar ist.

DE 196 08 576 C 1

Die Erfindung betrifft einen flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Aus der DE 41 19 594 A1 ist ein gattungsgemäßer Zylinderkopf bekannt. Der aus zwei druckgußfähigen, miteinander durch Schrauben verbundenen Teilen bestehende Zylinderkopf weist zwischen Außenwänden, einem Zylinderkopfboden und einer Kühlmittelraumdecke gebildete Kühlmittelräume auf, in denen unter anderem Gaswechselkanäle und Kammern zur Aufnahme von Zündkerzen oder Einspritzdüsen angeordnet sind.

Ein Nachteil der oben erwähnten Kühlmittelräume liegt darin, daß die Kühlung der thermisch hochbelasteten brennraumnahen Bereiche des Zylinderkopfes unzureichend ist, was in weiterer Folge zu einem Werkstoffversagen in diesen Bereichen führen kann.

Zum allgemeinen technischen Hintergrund wird auf die DE 39 41 701 C1, DE 35 16 453 C2 und DE 41 16 943 C1 verwiesen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Zylinderkopf derart auszubilden, daß eine verbesserte Kühlung und gleichzeitig eine vereinfachte und damit kostengünstigere Herstellung des Zylinderkopfes gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Ein Vorteil der Ausführung der Erfindung liegt in der verbesserten Kühlung des Zylinderkopfes in den einzelnen jeweils einem Brennraum zugeordneten Kühlmittelraumabschnitten des Kühlmittelraumes. Bedingt durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Kühlmittelraumes, insbesondere durch die gezielte Dimensionierung der den hydraulischen Durchmesser beeinflussenden geometrischen Parameter (z. B. Verringerung der Höhe  $h$  des Kühlmittelraumes in Motorhochachsenrichtung), ergibt sich eine entsprechende Verringerung des hydraulischen Durchmessers, wodurch, gleichen Volumenstrom vorausgesetzt, die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels wesentlich erhöht und damit ein turbulenter Strömungszustand des Kühlmittels im Kühlmittelraum erreicht wird. Ermöglicht wird damit vor allem ein erhöhter Wärmeübergang vom temperaturbeanspruchten Zylinderkopf zum Kühlmittel. Zudem wird durch den erfindungsgemäßen Zylinderkopf ein guter Heizungskomfort erreicht, da das Kühlmittel bereits nach relativ kurzer Zeit die hierfür benötigte Temperatur besitzt.

Die Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 ermöglicht eine unabhängige, gezielte Abstimmung der Kühlung jedes einzelnen Zylinders der Brennkraftmaschine. Die Zwischenwände verhindern eine Querströmung des Kühlmittels zwischen den einzelnen Zylindern und verringern den Strömungsquerschnitt, was zu einer gerichteten Strömung des Kühlmittels innerhalb der Kühlmittelraumabschnitte in Richtung der Motorquerachse und zu einer weiteren Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels führt. Es ergibt sich außerdem eine gleichmäßige Kühlung aller Kühlmittelraumabschnitte des Zylinderkopfes und damit eine Verringerung des Temperaturgefälles in Zylinderkopflängsrichtung, wodurch die thermische Belastung des Zylinderkopfes vergleichmäßigt und dadurch vermindert wird.

Die Zylinderwände gemäß Anspruch 3 bilden vorteilhafterweise Leitelemente für die Kühlmittelströmung

aus, wobei die Leitelemente die Strömungsrichtung des Kühlmittels beeinflussen, indem der den Kühlmittelraumabschnitt durchströmende Kühlmittelstrom zwischen Gaswechselkanälen und Zwischenwand gezielt in Richtung der Motorlängsachse umgelenkt wird. Hierdurch werden Totwassergebiete in diesem Bereich verhindert.

Durch die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 4 wird ein gleichbleibend geringer Strömungsquerschnitt des Kühlmittelraumes erreicht. Somit ist durch die Beeinflussung der Strömung über die Ausgestaltung von Einström- und Ausströmöffnungen für das Kühlmittel im Zylinderkopfboden und über einen Einspeisungsdruck des Kühlmittels in den Zylinderkopf gewährleistet, daß eine turbulente Strömung im wesentlichen im gesamten Kühlmittelraum vorliegt.

In einer alternativen Ausführung der Erfindung gemäß Anspruch 5 besteht in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, einen geringen Strömungsquerschnitt in dem thermisch hoch belasteten Bereich der Zündkerzenkammer sowie im Einlaßkanalbereich zu erreichen und gleichzeitig die Auslaßkanäle ausreichend zu kühlen.

Die Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 6 ermöglicht eine gezielte Kühlung des zwischen den Gaswechselkanälen liegenden, thermisch besonders hoch belasteten Bereichs des Zylinderkopfes.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Zylinderkopfes nach Anspruch 7 liegt darin, daß insbesondere bei hochaufgeladenen, stark temperaturbelasteten Motoren eine gesonderte Herstellung des thermisch besonders stark beanspruchten Unterteils möglich ist. Somit ist die Verwendung eines anderen, hochtemperaturfesten Werkstoffs und/oder ein anderes Herstellungsverfahren des Unterteils, wie beispielsweise Schmieden, Sintern oder Strangpressen mit anschließender Nachbearbeitung, vorstellbar. Im Falle einer gewünschten Anpassung der Position und/oder des Querschnitts der Einström- und Ausströmöffnungen für das Kühlmittel genügt die Neuherstellung des Unterteils, ohne daß das Oberteil ebenfalls neu gefertigt werden muß.

Vorteilhaft bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung nach Anspruch 8 ist die Unterteilung der Kühlmittelraumabschnitte in strömungsmäßig weitgehend getrennte Kühlmittelkanäle, die zur weiteren Verringerung der einzelnen Strömungsquerschnitte der Kühlmittelraumabschnitte führen und eine gezieltere Kühlmittelaufteilung auf thermisch hochbeanspruchte Bereiche zulassen.

Die Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 9 ermöglicht eine gezielte Kühlung des zwischen den Gaswechselkanälen liegenden, höchst temperaturbeanspruchten zentralen Bereichs des Zylinderkopfes und des Zylinderkopfbodens.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Zylinderkopfes nach Anspruch 10 liegt in der druckgußfähigen Ausgestaltung der beiden Zylinderkopfbau-teile, was eine Herstellung auch dünner Wandstärken ermöglicht. Die notwendigen Kühlmittel Hohlräume sind beispielsweise durch Schieber realisierbar. Der Einsatz von bruchgefährdeten Sandkernen bei Minimalwandstärken kann entfallen.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus der Beschreibung hervor.

Zwei Ausführungsbeispiele sind im folgenden in vier Zeichnungen mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in einem ersten Ausführungsbeispiel einen Teil

eines Querschnitts durch einen Zylinderkopf einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit einem vorschlagsgemäßen Kühlmittelraum, der einen Kühlmittelkanal und zwei zwischen gegenüberliegenden Gaswechselkanälen verlaufende Stege aufweist,

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie A-A in Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie B-B in Fig. 2 und

Fig. 4 in einem zweiten Ausführungsbeispiel einen Zylinderkopf analog zu Fig. 1 mit einem Kühlmittelraum, der jedoch keinen separaten Kühlmittelkanal und keine Stege aufweist.

In Fig. 1 ist in einem ersten Ausführungsbeispiel ein Zylinderkopf 1 aus Aluminiumdruckguß für eine nicht näher dargestellte mehrzylindrige Brennkraftmaschine dargestellt. Der Zylinderkopf 1 besteht aus einem Unterteil 2 und einem Oberteil 3, die über zwei Deckflächen 4, 5 fest miteinander verbunden sind. Das Unterteil 2 bildet gleichzeitig einen Zylinderkopfboden 2a des Zylinderkopfs 1. Das Oberteil 3 umfaßt Außenwände 6a und 6b, Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b mit Ventilsitzringen 9 und 10, Ventilführungen 11 und 12, eine Kammer 13 zur Aufnahme einer Zündkerze oder einer Einspritzdüse und einen Kühlmittelraum 14. In das druckgegossene Oberteil 3 sind die Ventilsitzringe 9, 10 und die Ventilführungen 11, 12 eingegossen. Das Kühlmittel besteht üblicherweise aus Wasser mit üblichen Korrosions- und Frostschutzzusätzen, kann aber auch beispielsweise aus Alkohol mit Zusätzen von Magnesium bestehen. Der Zylinderkopfboden 2a besitzt für jeden Zylinder einen als Vertiefung ausgestalteten Brennraum 16.

Die Verbindung der beiden Zylinderkopfteile 2, 3 zu einem Teil erfolgt mittels Löttechnik. Das Lot wird hierbei in Form einer geeigneten Lötpaste, die Lot und Flußmittel enthält, auf die Deckflächen 4, 5 der beiden zu verbindenden Teile 2, 3 aufgebracht. Der eigentliche Lötvorgang, d. h. das unlösliche Verbinden des Unterteils 2 und des Oberteils 3, geschieht in einem Wärmehofen, in dem der Zylinderkopf 1 bis auf die Flußtemperatur des Lotes erwärmt und somit dauerhaft durch das Lot verbunden wird.

Zusammen mit dem Zylinderkopfboden 2a umschließen die Außenwände 6a, 6b den Kühlmittelraum 14, der durch eine mit Abstand vom Zylinderkopfboden 2a angeordnete Kühlmittelraumdecke 15 abgeschlossen ist. Die Kühlmittelraumdecke 15 umfaßt einen Bereich 39, der einen auslaßseitigen Teilbereich 39a und einen einlaßseitigen Teilbereich 39b aufweist. Die Kühlmittelraumdecke 15 weist im einlaßseitigen Teilbereich 39b (strichliert dargestellt) einen geringeren Abstand zum Zylinderkopfboden 2a auf als im auslaßseitigen Teilbereich 39a (durchgezogen dargestellt). In einer alternativen Ausführung verläuft die Kühlmittelraumdecke 15 im gesamten Bereich 39 im wesentlichen äquidistant zum Zylinderkopfboden 2a. Der Verlauf der Kühlmittelraumdecke 15 ist im Teilbereich 39a strichpunktliert und im Teilbereich 39b strichliert dargestellt.

Gemäß Fig. 2 wird der Kühlmittelraum 14 durch in Richtung einer Motorquerachse 17 verlaufende Zwischenwände 18, 19 in Kühlmittelraumabschnitte 20 bis 22 unterteilt, die jeweils einem Brennraum 16 zugeordnet sind. Jeder Brennraum 16 weist vier Mündungsöffnungen 23a, 23b, 24a, 24b der Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b und eine weitere in den Brennraum 16 führende Öffnung 25 der Kammer 13 zur Aufnahme der Zündkerze, der Einspritzdüse oder dergleichen auf.

Die Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b durchsetzen den

Kühlmittelraumabschnitt 21 bis zu den längsseitigen Außenwänden 6a, 6b (siehe Fig. 1). Die dabei von den Mündungsöffnungen 23a, 23b zur Außenwand 6a abführenden Gaswechselkanäle 7a, 7b bilden die Auslaßkanäle und die von den Mündungsöffnungen 24a, 24b zur Außenwand 6b abführenden Gaswechselkanäle 8a, 8b bilden die Einlaßkanäle der Brennkraftmaschine. Die zwischen den Gaswechselkanälen 7a, 7b, 8a, 8b angeordnete Kammer 13 durchsetzt den Kühlmittelraumabschnitt 21 in Richtung zur Kühlmittelraumdecke 15 (siehe Fig. 1). Jeweils zwei parallel zu einer Motorquerachse 17 gegenüberliegende Gaswechselkanäle 23a, 24a bzw. 23b, 24b sind über Stege 26, 27 miteinander verbunden. Die Stege 26, 27 sind von einer ringförmigen Kammerwand 13a der Kammer 13 in Motorlängsrichtung beabstandet, so daß zwischen den Stegen 26, 27 nebst den an diese anschließenden Abschnitten 7a', 7b', 8a', 8b' und der Kammerwand 13a ein Ringkanal 28 gebildet ist.

Der Kühlmittelraumabschnitt 21 weist einen in Richtung der Motorquerachse 17 zwischen den Gaswechselkanälen 7a, 7b, 8a, 8b verlaufenden, innerhalb des Kühlmittelraumabschnitts 21 abgetrennten Kühlmittelkanal 29 auf, der in den Ringkanal 28 mündet und nach diesem bis zu einem der längsseitigen Außenwand 6b zugewandten Bereich 30 des Kühlmittelraumabschnitts 21 verläuft. Auf diese Weise läßt sich eine günstige Führung des Kühlmittels im Zylinderkopf erreichen, und zwar eine Strömung in Richtung der Motorquerachse 17 um die Kammer 13 der Zündkerze herum in den einlaßseitigen Bereich 30 des Kühlmittelraumabschnitts 21, wodurch die thermisch hochbelasteten ventilaugen Stellen des Zylinderkopfs 1 ausreichend gekühlt werden.

Zwischen den Zwischenwänden 18, 19 und den der Kammer 13 abgewandten Seiten 7a'', 7b'', 8a'', 8b'' der Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b befinden sich zwei weitere, ebenfalls teilweise vom Kühlmittelraumabschnitt 21 und damit auch untereinander abgetrennte Kühlmittelkanäle 33 und 34, zwischen denen der Kühlmittelkanal 29 verläuft und die ebenfalls in den einlaßseitigen Bereich 30 des Kühlmittelraumabschnitts 21 münden. Durch im Zylinderkopfboden 2a auslaßkanalseitig angeordnete Einstromöffnungen 35a, 35b und 35c strömt Kühlmittel in den Kühlmittelraumabschnitt 21 ein, durchströmt diesen durch die Kühlmittelkanäle 29, 33, 34 und strömt anschließend durch im Bereich 30 des Kühlmittelraumabschnitts 21 angeordnete Ausstromöffnungen 36a, 36b, 36c aus. Der Kühlmittelfluß im Kühlmittelraumabschnitt 21 und innerhalb desselben ist in Fig. 2 mit Pfeilen angedeutet.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, verläuft die Kühlmittelraumdecke 15 im auslaßseitigen Bereich 39a, der die Auslaßkanäle 7a, 7b umfaßt, im wesentlichen äquidistant zum Zylinderkopfboden 2a. Im einlaßseitigen Bereich 39b, der die Kammer 13 der Zündkerze und die Einlaßkanäle 8a, 8b umfaßt und in einem zwischen zwei benachbarten Zylindern liegenden Bereich 37 des Zylinderkopfs 1 weist die Kühlmittelraumdecke 15 einen geringeren Abstand zum Zylinderkopfboden 2a auf, als in dem Bereich 39a. An einer dem Zylinderkopfboden 2a zugewandten Seite 38 der Bereiche 39a und 39b der Kühlmittelraumdecke 15 sind die Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b angeformt. Der Kühlmittelraumabschnitt 21 weist im äquidistanten Bereich 39a der Kühlmittelraumdecke 15 in Richtung der Motorquerachse 17 im Anschluß an die Kanäle 29, 33, 34 verlaufende Kühlmittelkanäle 29', 33', 34' auf, die sich in Richtung der Motor-

hochachse 40 über die gesamte Querschnittshöhe 41 der Auslaßkanäle 7a, 7b erstrecken. Im Zylinderkopfboden 2a sind unterhalb der Gaswechselkanäle 7a, 7b und des Kühlmittelkanals 29 die Einströmöffnungen 35a, 35b und 35c angeordnet.

Die Zwischenwände 18, 19 verhindern eine Querströmung des Kühlmittels zwischen den einzelnen Zylindern und verringern zusammen mit den Kühlmittelkanälen 29, 29', 33, 33', 34, 34' weiter die einzelnen Strömungsquerschnitte der Kühlmittelraumabschnitte 20, 21, 22. Dies führt zu einer gerichteten Strömung des Kühlmittels in Richtung der Motorquerachse 17, zu einer weiteren Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels und zu geringen Temperaturgradienten über die Motorquerachse 17 betrachtet.

Das zweite Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4, in der gleiche oder gleichartige Teile mit den gleichen Bezugszeichen von den Fig. 1 bis 3 bezeichnet sind, unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel durch die fehlenden Stege 26, 27 und den fehlenden separaten Kühlmittelkanal 29.

Das Kühlmittel tritt durch die Einströmöffnungen 35a, 35b, 35c auf der Seite der Auslaßkanäle 7a, 7b in den durch die Zwischenwände 18, 19 in die Kühlmittelraumabschnitte 20, 21, 22 gegliederten Kühlmittelraum 14 ein, umströmt die Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b und die Kammer 13 für die Zündkerze oder die Einspritzdüse und wird auf der Seite der Einlaßkanäle 8a, 8b durch die Ausströmöffnungen 36a, 36b, 36c wieder abgeführt.

Wie beim ersten Ausführungsbeispiel verläuft die Kühlmittelraumdecke 15 im wesentlichen äquidistant zum Zylinderkopfboden 2a, wobei an ihrer dem Zylinderkopfboden 2a zugewandten Seite 38 Gaswechselkanäle 7a, 7b, 8a, 8b ausgeformt sind. In dem zwischen zwei benachbarten Zylindern liegenden Bereich 37 des Zylinderkopfs 1 weist die Kühlmittelraumdecke 15 einen geringeren Abstand zum Zylinderkopfboden 2a auf.

Die Ausgestaltung des Kühlmittelraums 14, insbesondere die gezielte Verringerung der Höhe h in Richtung der Motorhochachse 40, trägt wiederum dazu bei, daß sich die Strömungsgeschwindigkeit v und dadurch auch die Reynoldssche Zahl Re erhöhen. Somit ergeben sich hinsichtlich des turbulenten Strömungszustandes des Kühlmittels im Kühlmittelraum 14 die gleichen Vorteile wie beim ersten Beispiel. Ebenfalls besteht der Zylinderkopf 1 aus zwei druckgußfähigen Teilen 2 und 3, die in bezug auf ihre Herstellung die gleichen Vorteile wie das erste Ausführungsbeispiel bieten.

Die Auslegung der den hydraulischen Durchmesser  $d_h$  ( $d_h = 4A/U$  mit  $A$  = Querschnittsfläche,  $U$  = benetzter Umfang) beeinflussenden geometrischen Parameter des Kühlmittelraumes 14, insbesondere die gezielte Verringerung der Höhe h des Kühlmittelraumes 14 und die dadurch bedingte Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit v führt zu einem turbulenten Strömungszustand des Kühlmittels im wesentlichen im gesamten Kühlmittelraum 14. Dies ist auch durch eine Strömungskennzahl qualifizierbar, die eine Aussage über den Strömungszustand "laminar" oder "turbulent" ermöglicht, nämlich die Reynoldssche Zahl Re ( $Re = v \cdot d_h / \nu$  mit  $\nu$  = Strömungsgeschwindigkeit,  $d_h$  = hydraulischer Durchmesser,  $\nu$  = kinematische Viskosität der Kühlflüssigkeit). Ein Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung tritt ein, wenn bei einer Strömungsgeschwindigkeit  $v_{krit}$  die Reynoldssche Zahl Re den kritischen Wert  $Re_{krit}$  erreicht. Die kritische Reynoldssche Zahl ist beispielsweise für Rohre mit Kreisquerschnitt ca.  $Re_{krit} = 2300$ . Der Umschlag von laminarer zu tur-

bulenter Strömung hängt zudem auch noch von der Oberflächenbeschaffenheit der Rohre und den Einströmbedingungen ab. Für die vorliegenden Ausführungsbeispiele liefert der Wert von  $Re_{krit}$  für die Rohrströmung gute Anhaltswerte bei der gegebenenfalls versuchsweisen Bestimmung der kritischen Reynoldsschen Zahl in den hinsichtlich der Kühlung besonders problematischen Bereichen des Kühlmittelraumes. Die Verringerung der Höhe h des Kühlmittelraumes 14 zieht eine entsprechende Verringerung des hydraulischen Durchmessers  $d_h$  ( $d_h = 4A/U$  mit  $A$  = Querschnittsfläche,  $U$  = benetzter Umfang) und die entsprechende Verringerung des vom hydraulischen Durchmesser  $d_h$  abhängigen Strömungsquerschnitts A nach sich, was unter der Voraussetzung eines konstanten Volumenstroms zu einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit v und der damit verbundenen Erhöhung der Reynoldsschen Zahl Re führt. Dadurch wird ein turbulenter Strömungszustand des Kühlmittels in den Kühlmittelraumabschnitten 20, 21, 22 erreicht, der vor allem einen erhöhten Wärmeübergang vom temperaturbeanspruchten Zylinderkopf 1 zum Kühlmittel ermöglicht.

Alternativ zur gezeigten Lötverbindung sind auch weitere Verbindungstechniken zur Verbindung der beiden Zylinderkopfteile 2, 3 anwendbar, wie beispielsweise Schweißen, Schrauben, Nieten oder Kleben mit zusätzlichem Verschrauben.

Durch die geteilte Bauweise des Zylinderkopfs 1 können für die beiden Teile 2, 3 unterschiedliche, den jeweiligen Anforderungen angepaßte Werkstoffe und Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen. Denkbar wäre beispielsweise das stark temperaturbeanspruchte Unterteil 2 aus einem faserverstärkten Leichtmetallwerkstoff herzustellen. Als geeignete Fertigungsverfahren sind außer Druckgießen noch Schmieden, Sintern oder Strangpressen, auch in Verbindung mit spanender Bearbeitung, möglich.

Ergänzend können die den Kühlmittelraum 14 unterteilenden Zwischenwände 18, 19 Leitelemente 43a, 43b (siehe Fig. 1) zur Beeinflussung der Kühlmittelströmung aufweisen, durch den die Kühlmittelströmung in Richtung der Motorlängsachse 42 umgelenkt wird. Der durchströmende Kühlmittelstrom wird dadurch gezielt auf potentielle Totwassergebiete umgelenkt. Im zweiten Ausführungsbeispiel ermöglicht das Wegfallen des mittleren Kühlmittelkanals 29 mit den Stegen 26, 27 allerdings den Verzicht auf die Leitelemente 43a, 43b der Zwischenwände 18 und 19, da das Kühlmittel zwischen den Gaswechselkanälen 7a, 7b, 8a, 8b ungehindert durchströmen kann und keine Totwassergebiete entstehen.

#### Patentansprüche

1. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit einem Kühlmittelraum, der von Außenwänden, einem Zylinderkopfboden und einer mit Abstand über diesem angeordneten Kühlmittelraumdecke begrenzt wird und sich in Kühlmittelraumabschnitte gliedert, die jeweils einem Brennraum zugeordnet sind, wobei in jedem Kühlmittelraumabschnitt Gaswechselkanäle verlaufen und mindestens eine Kammer für eine Zündkerze und/oder eine Einspritzdüse angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die einen hydraulischen Durchmesser ( $d_h$ ) beeinflussenden geometrischen Parameter des Kühlmittelraumes

(14) derart ausgelegt sind, daß ein turbulenter Strömungszustand des Kühlmittels im wesentlichen im gesamten Kühlmittelraum (14) erreichbar ist.

2. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlmittelraum (14) durch in Richtung der Motorquerachse (17) verlaufende Zwischenwände (18, 19) in die Kühlmittelraumabschnitte (20 bis 22) gegliedert ist.

3. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenwände (18, 19) mindestens ein Leitelement (43a, 43b) zur Beeinflussung der Kühlmittelströmung aufweisen, durch das die Kühlmittelströmung in Richtung der Motorlängsachse (42) umgelenkt wird.

4. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelraumdecke (15') in einem Bereich (39) im wesentlichen äquidistant zum Zylinderkopfboden (2a) verläuft, wobei an einer dem Zylinderkopfboden (2a) zugewandten Seite (38) des Bereichs (39) der Kühlmittelraumdecke (15) Gaswechselkanäle (7a, 7b, 8a, 8b) angeformt sind und wobei die Kühlmittelraumdecke (15) in einem zwischen zwei benachbarten Zylindern liegenden Bereich (37) des Zylinderkopfs (1) einen geringeren Abstand zum Zylinderkopfboden (2a) aufweist, als in dem Bereich (39).

5. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bereich (39) der Kühlwasserraumdecke (15) einen auslaßseitigen Bereich (39a), in dem die Auslaßkanäle (7a, 7b) angeordnet sind, und einen einlaßseitigen Bereich (39b), in dem die Kammer (13) der Zündkerze und die Einlaßkanäle (8a, 8b) angeordnet sind, umfaßt, wobei die Kühlwasserraumdecke (15) im einlaßseitigen Bereich (39b) einen geringeren Abstand zum Zylinderkopfboden (2a) aufweist, als in dem auslaßseitigen Bereich (39a).

6. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 1, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlmittelraumabschnitt (20 bis 22) im äquidistanten Bereich (39, 39a, 39b) der Kühlmittelraumdecke (15, 15') in Richtung der Motorquerachse (17) verlaufende Kühlmittelkanäle (29', 33', 34') aufweist, die sich in Richtung der Motorhochachse (40) im wesentlichen über die gesamte Querschnittshöhe (41) der Gaswechselkanäle (7a, 7b, 8a, 8b) erstrecken.

7. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinderkopf (1) aus einem Oberteil (3) und einem fest mit dem Oberteil (3) verbundenen Unterteil (2) besteht.

8. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Kühlmittelraumabschnitt (20 bis 22) mehrere strömungsmäßig voneinander getrennte und in Richtung der Motorquerachse (17) verlaufende Kühlmittelkanäle (29, 33, 34) zugeordnet sind.

9. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlmittelkanal (29) in einem Kanal zwischen den benachbarten Auslaßkanälen (7a, 7b), in einem Ringkanal (28) um die Kammer (13) und zwischen den benachbarten Einlaßkanälen (8a, 8b) verläuft.

10. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf nach einem

der Ansprüche 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Oberteil (3) und/oder das Unterteil (2) des Zylinderkopfs (1) durch ein Druckgußteil gebildet sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

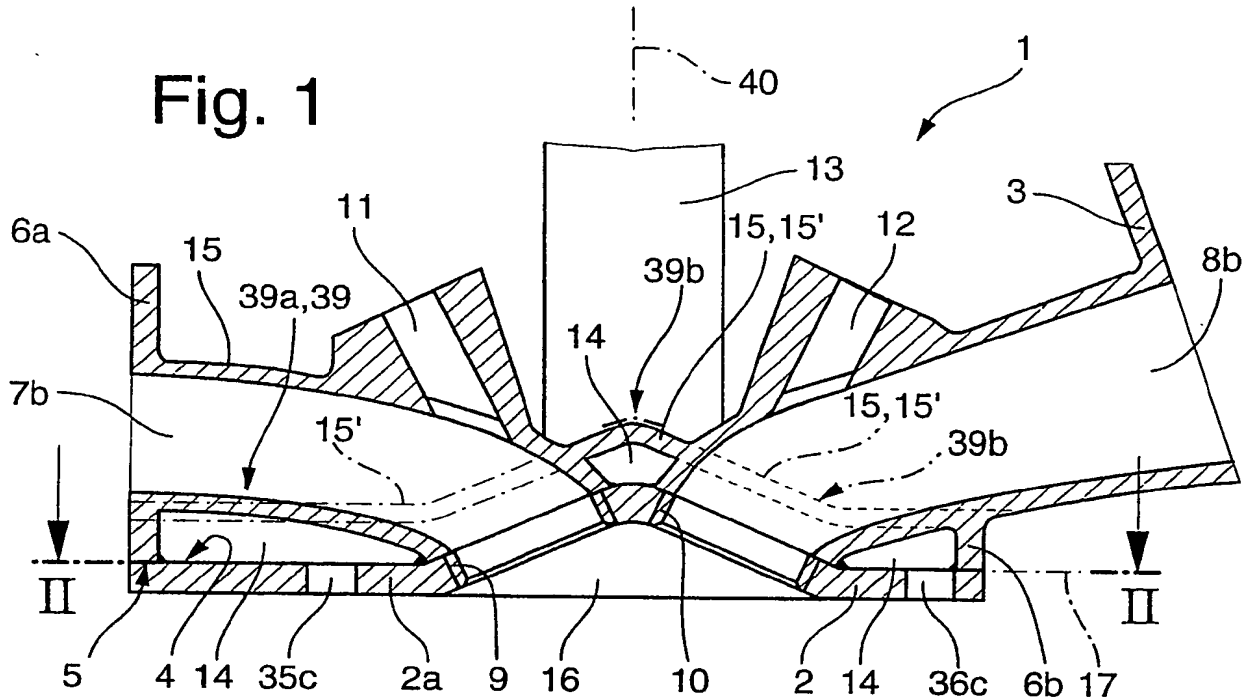


Fig. 2

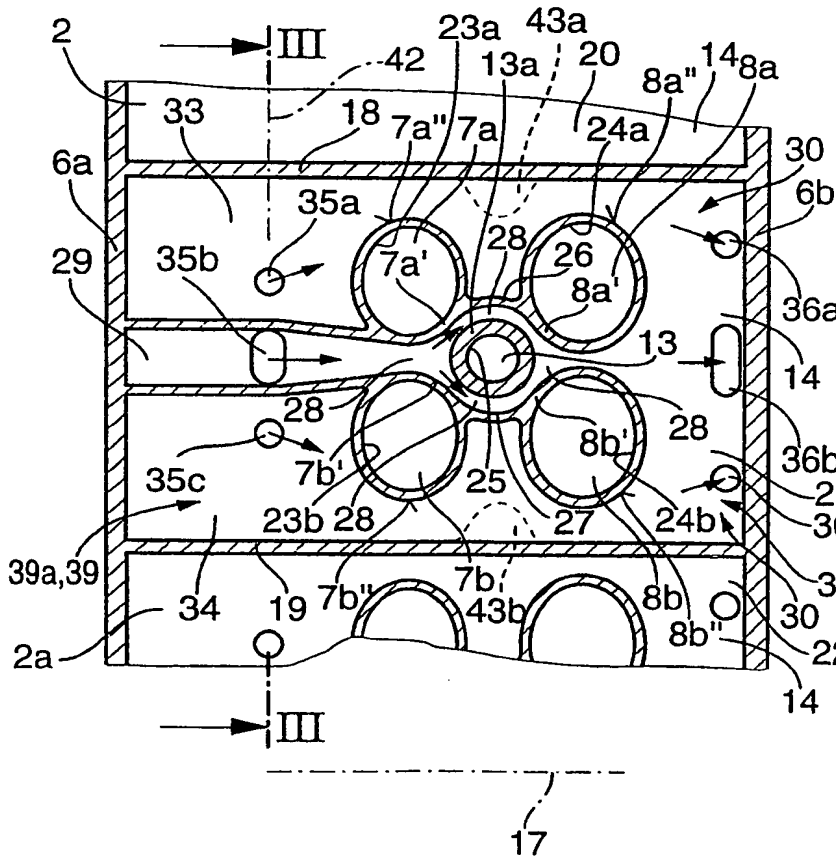


Fig. 3

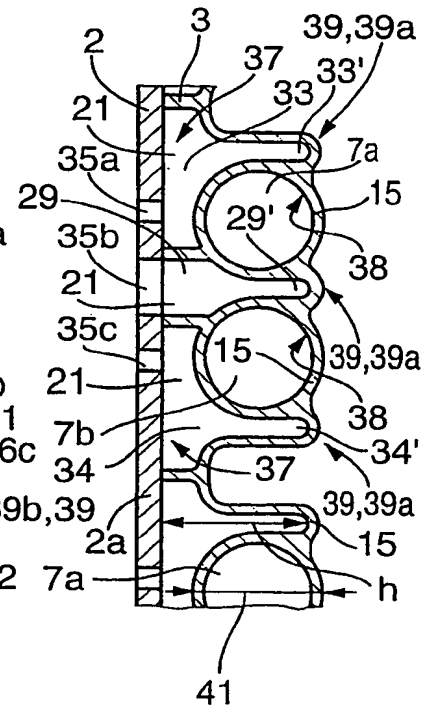


Fig. 4

